

## PEMILIHAN TEKNOLOGI PROSES PRODUKSI DI-N-BUTYL-ETHER (DNBE) SEBAGAI BAHAN ADITIF BAHAN BAKAR DIESEL

### SELECTION OF DI-N-BUTYL-ETHER (DNBE) PRODUCTION TECHNOLOGY AS ADITIF ON DIESEL FUEL

**Aditia Ginantaka<sup>1a</sup>, Novi Purnama Sari<sup>2</sup>, Mustika Zelvi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Tekonologi Industri Pertanian Fakultas Ilmu Pangan Halal Universitas Djuanda Bogor, Jl. Tol Ciawi No. 1, Kotak Pos 35 Ciawi, Bogor 16720.

<sup>2</sup>Jurusan Teknologi Industri Cetak Kemasan, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof.Dr.G.A. Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Darmaga, Bogor, Jawa Barat 16680

<sup>a</sup>Korespondensi: Aditia Ginantaka, E-mail: [aditia.ginantaka@unida.ac.id](mailto:aditia.ginantaka@unida.ac.id)

(Diterima oleh Dewan Redaksi: 29-01-2016)

(Dipublikasikan oleh Dewan Redaksi: 04-04-2016)

#### ABSTRACT

Ether compounds could used as additives agent that carries oxygen to diesel fuel. Several types of materials linear ether such as di-n butyl ether was very interesting to be developed as additive for diesel fuel. Synthesis of d-n-butyle ether take an attention of researchers because it could synthesized from biobutanol, which is one of result a microbial fermentation from biomass besides acetone and ethanol (acetone, buthanol, ethanol or ABE fermentation). This paper aims to determine the selection of technology for production technique of Di-n Butyl Ether (DNBE) of Butanol which is could produced from fermentation of corn stover biomass. Studies conducted by qualitative descriptive analysis for comparison by taking technical variables such as temperature, pressure and time and the amount of yield. As a result, the most efficient method was by use etherification mixed with toluene and added catalyst heteropolyacid (HPA). Based on the results of financial analysis the value of NPV was Rp 15,041,241,361, with an IRR 18% and 1 year for the PBP.

**Key Words:** bioenergy, biobutanol, ether, process technique

#### ABSTRAK

Senyawa ether dapat digunakan sebagai bahan aditif yang berfungsi membawa oksigen untuk bahan bakar diesel. Beberapa jenis bahan linear ether diantaranya berupa di-n butyl ether yang sangat menarik untuk dikembangkan demi menjawab kebutuhan bahan aditif bagi bahan bakar diesel. Sintesis d-n-butyle ether menarik perhatian para peneliti karena dapat disintesis dari biobutanol yang merupakan salah satu hasil fermentasi microbial dari biomassa disamping aceton dan ethanol (acetone, buthanol, ethanol atau fermentasi ABE). Makalah ini bertujuan untuk menentukan pemilihan teknologi rekayasa proses produksi Di-n Butyl Ether (DNBE) dari Butanol yang berasal dari fermentasi biomassa bonggol jagung. Kajian pemilihan dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan mempertimbangkan variabel teknis seperti, suhu, tekanan dan waktu serta besaran rendemen. Diketahui bahwa proses yang paling efisien adalah dengan menggunakan metode eterifikasi yang dicampurkan dengan toluen dan ditambahkan katalis heteropolyacid (HPA). Berdasarkan hasil analisa finansial diperoleh NPV sebesar Rp 15.041.241.361, dengan IRR sebesar 18 % dan PBP sebesar 1 tahun.

**Kata Kunci:** bioenergi, biobutanol, ether, teknik proses

---

Ginantaka, A. Purnama Sari, N. Zelvi, M. 2016. Pemilihan Teknologi Proses Produksi Di-N Butyl-Ether (DNBE) Sebagai Bahan Aditif Bahan Bakar Diesel. *Jurnal Agroindustri Halal* 2 (1): 001 – 009.

---

## PENDAHULUAN

Kebutuhan akan adanya sumber energi alternatif yang terbarukan merupakan sesuatu hal yang tidak bisa dihindari. Karena terdapat dua hal yang perlu menjadi perhatian dalam memanfaatkan sumber energi fosil yang bersifat tidak mampu diperbaharui. Pertama karena energi fosil memiliki pengaruh negatif terhadap pencemaran lingkungan dan yang kedua adalah karena keterbatasan dan semakin menipisnya pasokan energi fosil dimasa depan (Perez et al, 2011). Negara-negara eropa yang tergabung dalam European Union telah mengeluarkan regulasi terkait ancaman tersebut. Diantaranya adalah terkait promosi penggunaan sumber energi terbarukan dengan target minimal sebesar 10 % yang harus dicapai oleh seluruh anggota uni eropa dalam menggunakan biofuel untuk kebutuhan transportasi dan konsumsi mesin diesel hingga tahun 2020.

Kandungan oksigen sebagai zat pembakar menjadi parameter yang dipertimbangkan sebagai penyusun komponen diesel fuel. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, beberapa senyawa pembawa oksigen yang digunakan dalam bahan campuran diesel fuel telah ditemukan diantaranya yaitu monoether, polyether and ester. Senyawa ether tersebut digunakan sebagai bahan aditif untuk bahan bakar diesel. Penambahan senyawa pembawa oksigen tersebut merupakan salah satu langkah efektif dalam mengurangi emisi gas buang yang memiliki dampak buruk bagi lingkungan, seperti CO dan NO<sub>x</sub> (Choi et al, 2014). Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa linear monoether dengan jumlah atom carbon lebih dari 9 menghasilkan biodiesel dengan karakteristik cetane number terbaik. Linear ether juga cukup efektif dalam mengurangi emisi mesin diesel seperti gas CO yang merupakan hasil pembakaran tidak sempurna dari hidrokarbon (Perez *et al*, 2011). Oleh karenanya saat ini linear ether merupakan

komponen blending agent yang banyak digunakan sebagai campuran bahan bakar diesel.

Diantara beberapa jenis bahan linear ether, terdapat di-n butyl ether yang sangat menarik untuk dikembangkan demi menjawab kebutuhan bahan aditif bagi diesel fuel. Sintesis d-n-butyle ether menarik perhatian para peneliti karena dapat disintesis dari biobutanol yang merupakan salah satu hasil fermentasi microbial dari biomassa disamping acetone dan ethanol (acetone, buthanol, ethanol atau fermentasi ABE). Bahan aditif d-n-butyl ether merupakan salah satu senyawa ether yang saat ini banyak diteliti dalam meningkatkan angka oktan dan cetane number yang merupakan parameter yang menentukan kualitas pembakaran dari bahan bakar diesel.

Tujuan makalah ini adalah menentukan pemilihan teknologi rekayasa proses produksi Di-n Butyl Ether (DNBE) dari Butanol yang berasal dari fermentasi biomassa bonggol jagung. Disamping itu makalah ini juga bertujuan untuk mengkaji aspek finansial dalam memproduksi DNBE.

## METODOLOGI

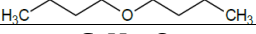
### A. Ruang Lingkup Kajian

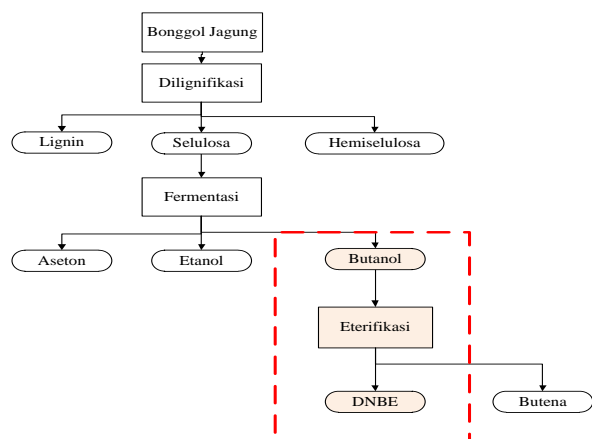
DNBE merupakan aditif yang dapat ditambahkan dalam diesel untuk meningkatkan nilai octane, sehingga mampu pengurangan CO, NO<sub>x</sub>, dan partikulat secara lebih efektif (Ho et al. 2011). DNBE dapat disintesis langsung dari bio-Butanol yang bersumber dari berbagai jenis biomassa yang mengandung selulosa. Salah satu biomassa yang potensial untuk menghasilkan bio-Butanol adalah bonggol jagung yang dapat dimanfaatkan dalam rangka pengurangan limbah dan keberlanjutan ketahanan pangan. Beberapa proses yang harus dilakukan agar biomassa bonggol jagung dapat menjadi bio-Butanol diantaranya yaitu delignifikasi yang bertujuan untuk memisahkan komponen lignin,

hemiselulosa, dan selulosa dari biomassa. Setelah itu, bio-Butanol dihasilkan dengan melakukan fermentasi komponen selulosa, sehingga akan diperoleh komponen alkohol, yaitu aseton, butanol, dan etanol.

Butanol yang dihasilkan akan menjadi bahan baku untuk produksi Di n Butyl Ether (DNBE) dengan karakteristik seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Kajian ini, memfokuskan pada aspek perekrutasaan proses dilakukan terhadap proses produksi DNBE dari butanol. Adapun ruang lingkup proses produksi DNBE pada makalah ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1.1 Karakteristik DNBE

Nama	DnBE
Struktur	
Formula molekul	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O
Berat Molekul	130,23
CAS	142-96-1
Titik didih	142,4°C
Titik beku	-97,9 °C
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0,769
kelarutan dalam air (20°C)	0,03%
Flash point	25°C



Gambar 1. Ruang Lingkup Proses Produksi DNBE

## B. Pemilihan Teknologi Produksi

Proses produksi DNBE dapat dilakukan menggunakan 3 teknologi proses yang berbeda. Penggunaan teknologi produksi DNBE berdasarkan paten yang dilakukan (Choi *et al.* 2011;

Park *et al.* 2013; Perez *et al.* 2014). Teknologi dipilih dengan teknik kualitatif menggunakan beberapa kriteria diantaranya:

1. Suhu, tekanan dan waktu
2. Konversi substrat menjadi produk
3. Rendemen produk
4. *Selectivity to DNBE*

## C. Analisis Finansial

Indikator finansial yang digunakan dalam penentuan kelayakan industry diantaranya dengan mengukur NPV, IRR dan pay back period

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Alternatif teknologi

Proses produksi DNBE menggunakan dua prinsip proses yaitu reaksi dan pemisahan. Reaksi terjadi pada semua teknologi proses sebagai akibat *isothermal fixed bed* dari katalis yang ditambahkan ke dalam reaktor. Reaksi yang dilakukan dengan dua cara yaitu eterifikasi atau dehydarsi. Pada proses reaksi ini digunakan katalis yang berbeda-beda untuk setiap alternatif, serta kebutuhan waktu tinggal proses yang berbeda-beda untuk setiap alternatif.

Sedangkan proses pemisahan berbeda pada setiap teknologi proses, pemisahan dapat dilakukan dengan cara destilasi, ekstraksi atau reaksi dan separasi yang dikombinasikan pada sistem destilasi reaktif. Adapun teknologi proses yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.

### B. Pemilihan Alternatif

#### 1. Suhu, tekanan dan waktu

Proses produksi DNBE berdasarkan ketiga alternatif (Alternatif 1, 2, dan 3) dengan jenis katalis yang berbeda dilakukan kondisi reaksi yang berbeda. Suhu reaksi berhubungan dengan kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk memanaskan reaktor. Reaktor diberi tekanan dengan gas Nitrogen yang berfungsi menghilangkan residu oksigen

dari dalam reaktor. Waktu proses berkaitan dengan kecepatan proses produksi. Berdasarkan ketiga hal tersebut, dari ketiga alternatif, parameter waktu merupakan parameter terpenting dalam memproduksi DNBE diikuti dengan parameter tekanan dan suhu. Proses reaksi yang memiliki waktu tercepa tadalah alternatif 1 yaitu dari 3jam, dengan tekanan 30 bar dan suhu 200 C. Sementara alternatif 2 jauh lebih lama yaitu mencapai

waktu 10 jam, dengan tekanan 30,3 bar dan suhu 219,85 bar, kebutuhan nitrogen dan energi untuk menaikkan suhu lebih besar dibandingkan alternatif 1. Alternatif 3 membutuhkan waktu reaksi 7 jam, dengan tekanan 40 bar dan suhu 150 C. alternatif 3 juga masih lebih lama dibandingkan alternatif 1, dan kebutuhan nitrogen lebih besar. Oleh karenanya pilihan alternatif yang paling prioritas adalah alternatif 1.

Tabel 3. Alternatif Proses Produksi DNBE yang Dapat Dipilih

Parameter	ALTERNATIF		
	1	2	3
• Raw Material	n-Butanol Katalis : H3PMo12-xWxO40 Keggin and H6P2Mo18-xWxO62 Wells- Dawson heteropoly acid (HPA) catalysts Pelarut : Toluene	2 Butanol Katalis : Dandelion Silica Sphere (DSS) supported by Tungstophosphoric acid (H3PW12O40)	1-Butanol Katalis Ion exchange resins : Amberlyst 36
• ALTERNATIF Material Handling	Nitrogen (g) 1. Langsung digunakan 2. Liquid storage	Nitrogen (g) 1. Langsung digunakan 2. Liquid storage	Nitrogen (g) 1. Langsung digunakan 2. Liquid storage
• Reaksi/proses	Eterifikasi	Dehidrasi	Dehidrasi
• ALTERNATIF Reaktor	Stainlesssteelautoclave	Pyrexbatch reactor	Cylindrical high pressure autoclave made of 316 stainless steel
• ALTERNATIF Package	Manual	Manual	Manual
• ALTERNATIF Recovery	Distillation Phase Separation Extraction with suitable solvent	Distillation	Distillation
• ALTERNATIF Pemisahaan katalis	Decantation, filtration, extraction	Decantation, filtration, extraction	Decantation, filtration, extraction
• Waktu Reaksi	3 jam	10 jam	7 jam
• Suhu Reaksi	200 °C	219,85 °C	150 °C
• Tekanan Reaktor	30 bar	30,3 bar	40 bar
• Konversi butanol XBuOH	72%	55%	23,2 %
• Rendemen	70%	53 %	20 %
• Selectivity DNBE (SDNBE)	97 %	-	86,4 %
• Reference	(Choi <i>et al</i> (2011))	(Park <i>et al</i> , 2013)	(Perez <i>et al</i> , 2014)

## 2. Konversi substrat menjadi produk

Berdasarkan tabel 1, ketiga alternatif (Alternatif 1, 2, dan 3) menghasilkan nilai konversi butanol menjadi produk dengan tingkat perbedaan yang sangat signifikan. Alternatif yang memiliki nilai konversi butanol menjadi produk paling tinggi terdapat pada alternatif 1 yaitu 70 %. Secara matematis konversi butanol dapat dihitung dengan persamaan (1) (Perez et al, 2014):

$$X_{\text{BuOH}} = \frac{\text{Moles of 1-butanol reacted}}{\text{Initial moles of 1-butanol}} \quad (1)$$

$X_{\text{BUOH}}$  = konversi dari 1 butanol

## 3. Rendemen Produk

Parameter rendemen merupakan aspek salah satu aspek utama yang dipertimbangkan dalam pemilihan alternatif proses. Berdasarkan perbandingan ketiga proses, rendemen tertinggi dihasilkan oleh alternatif 1 yaitu sebesar 71%. Sementara alternatif 2 hanya 53 % yang paling rendah adalah alternative 3 yaitu 20 %. Perhitungan rendemen dapat dilakukan dengan persamaan (2) (Perez et al, 2014):

$$Y_{\text{DNBE}} = \frac{\text{Moles of 1-butanol reacted to form DNBE}}{\text{Initial moles of 1-butanol}} \quad (2)$$

$$Y_{\text{DNBE}} = X_{\text{BuOH}} \cdot S_{\text{DNBE}} \quad (2)$$

## 4. Selectivity DNBE

Selektivitas merupakan perbandingan antara 2 mol DNBE yang terbentuk dengan mol butanol yang bereaksi, secara matematis dapat dihitung dengan persamaan (3) (Choi et al, 2011):

Selectivity for di-n-butyl ether (%)

$$\text{Selc (\%)} = \frac{2 \times \text{mole of di-n-butyl ether formed}}{\text{mole of n-butanol reacted}} \times 100 \quad (3)$$

Selc = Selectivity

Parameter selektivitas dapat menjadi alternatif untuk menghitung rendemen produk. Berdasarkan tabel 1. Nilai selectivity alternative 1 merupakan yang tertinggi yaitu 97 %. Berdasarkan

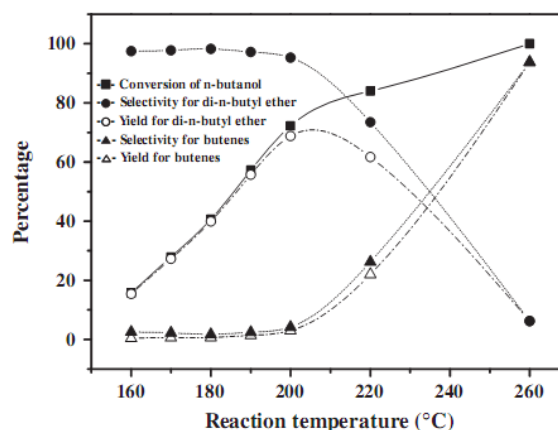
pertimbangan keempat parameter diatas, maka alternative pemilihan proses yang paling baik adalah alternative 1.

## C. Deskripsi proses terpilih

Secara umum, neraca bahan baku dan produk untuk produksi di-n-butyl ether adalah sebagai berikut:



Proses produksi DNBE dengan cara reaksi etherification dilakukan pada suhu 200 oC dengan tekanan reaktor 30 bar dilakukan berdasarkan hasil penelitian Choi et al (2011). Parameter proses tersebut dipilih karena pada suhu 200 oC diperoleh rendemen DNBE maksimal, dan apabila pemanasan dilanjutkan maka pembentukan butena akan semakin meningkat dan pembentukan butena ini tidak diinginkan. Beberapa parameter terkait persentasi rendemen, selektivitas dan konversi butanol mengacu pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.



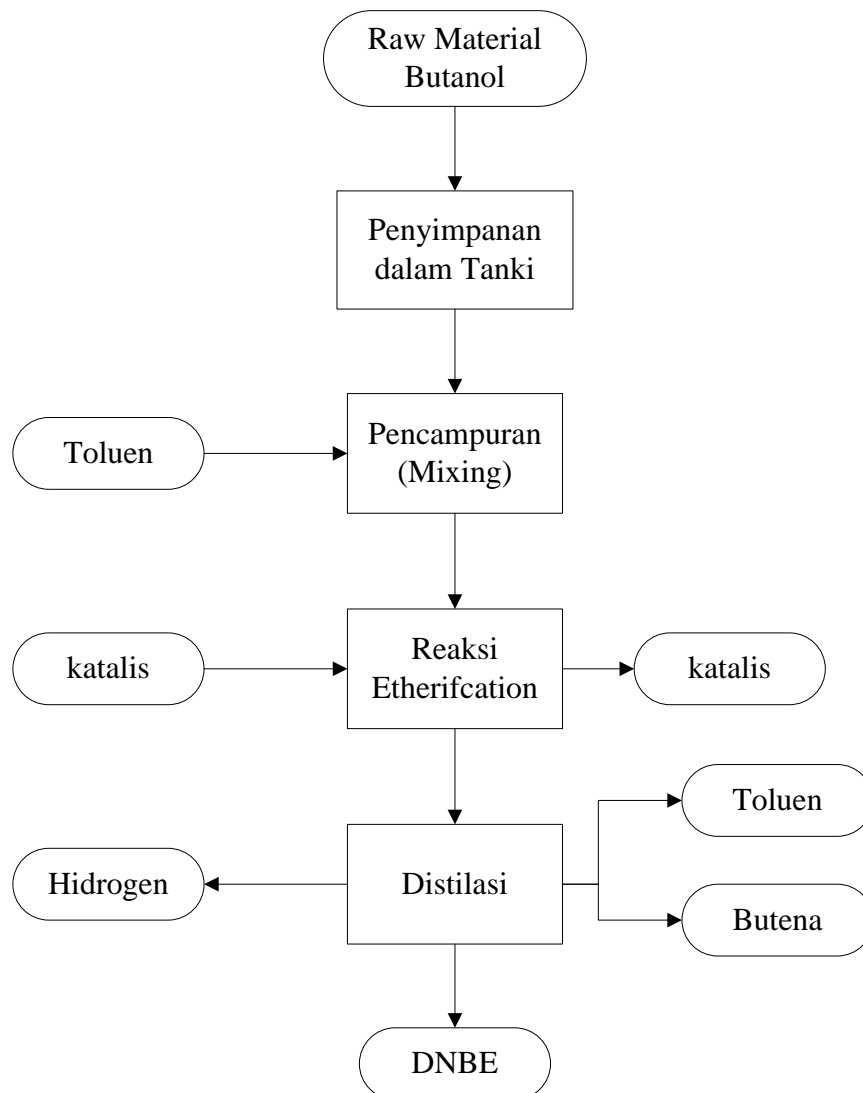
Gambar 2. Perubahan-perubahan parameter selama proses reaksi (Choi et al. 2011)

Tahapan proses produksi DNBE digambarkan pada Gambar 3. Proses produksi diawali dengan pencampuran butanol dengan pelarut toluene yang berfungsi sebagai pelarut untuk menjaga termostabilitas reaksi pada suhu tinggi. Kemudian seluruh campuran bahan baku butanol dan pelarut toluene dimasukan kedalam reartor dengan yang dilengkapi

dengan turbin impeller dengan kecepatan 400rpm. Sistem injeksi digunakan untuk memasukkan katalis ke dalam reaktor ketika kondisi operasi proses reaksi mulai tercapai. Proses pemanasan hingga mencapai suhu 200 °C dilakukan dengan pembakar elektrik.

Berdasarkan grafik diperoleh data bahwa produksi DNBE maksimum dengan rendemen sebesar  $\pm 70\%$ . Konversi butanol mencapai  $\pm 72\%$ , dan selectivity DNBE mencapai  $\pm 97\%$ , sementara selectivity butena pada suhu tersebut sebesar  $\pm 3\%$  dan akan beranjak naik jika suhu ditingkatkan. Perancangan proses produksi DNBE dilakukan dengan sistem

batch dengan jumlah 1 batch per hari. Proses utama reaksi pada kondisi reaksi yang sesuai berlangsung selama 3 jam. Disamping proses reaksi utama, juga dibutuhkan waktu untuk penyiapan kondisi mesin dan peralatan serta preparasi bahan baku. Setelah proses utama selesai dilakukan proses distilasi untuk memisahkan produk dari campuran pelarut serta produk sampingan lainnya yang membutuhkan waktu  $\pm 2$  jam hingga volume produk dan hasil sampingnya mencapai jumlah yang sesuai dengan hasil perhitungan aliran massa bahan dalam reaktor. Alur proses pembuatan DNBE dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3.2. Diagram alir bahan dan produk

#### D. Kelayakan Investasi

Analisis terhadap aspek ekonomi tersebut diharapkan dapat memberikan rekomendasi kebijaksanaan yang diambil. Suatu rancangan pabrik dianggap layak didirikan bila dapat beroperasi dalam kondisi yang memberikan keuntungan. Beberapa aspek yang diidentifikasi sebagai analisis kelayakan investasi diantaranya:

##### 1. Biaya Pengeluaran

Dalam proses produksi DNBE dibutuhkan bahan baku dan utilitas untuk menunjang kelangsungan proses. Bahan baku yang dibutuhkan antara lain butanol, toluen, dan katalis HPA. Sedangkan utilitas yang dibutuhkan adalah tangki penyimpanan butanol, mixer, pompa, reaktor, desikator dan kondensor. Adapun harga pokok produksi DNBE dapat dilihat pada Tabel 3.

Untuk biaya investasi yang dikeluarkan dalam proses produksi DNBE adalah biaya pembelian empat buah peralatan pendukung proses produksi yang terdiri dari tangki penyimpanan butanol, mixer, pompa, dan reaktor. Biaya investasi ini antara lain 1 tangki penyimpanan butanol dengan harga Rp 176.000.000, 1 buah mixer dengan harga Rp 23.659.550.000, 1 buah pompa seharga Rp 11.850.000.000, 1 buah reaktor dengan harga Rp 35.089.000.000, 1 destilator dengan harga Rp 1.070.000.000 dan 1 buah kondensor dengan harga Rp 2.690.500.000. Dengan demikian total biaya investasi peralatan yang dibutuhkan adalah Rp 74.535.050.000. Rincian biaya investasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Harga Bahan Baku Pembuatan DNBE

Bahan Baku Pembuatan DNBE				
No	Bahan baku	Jumlah	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	n-Butanol	8000 L	300.000/L	2.400.000.000
2	Toluen	2000 L	20.000/L	40.000.000
3	Katalis HPA	100 kg	15.000/kg	1.500.000
Total biaya pembuatan				2.441.500.000

Tabel 4. Rincian biaya investasi peralatan

No	Peralatan	Kapasitas	Biaya (Rp)
1	Tangki penyimpanan butanol	10 Ton	176.000.000
2	Mixer	20 Ton	23.659.550.000
3	Pompa	0,292870 ft <sup>3</sup> /s	11.850.000.000
4	Reaktor	30 Ton	35.089.000.000
5	Destilator	30 Ton	1.070.000.000
6	Kondensor	30 Ton	2.690.500.000
Total biaya peralatan			74.535.050.000

##### 2. Biaya Pemasukan

Dalam produksi DNBE dirancang dengan kapasitas produksi sebesar 2.790L/hari dimana harga jual DNBE setiap liternya sebesar Rp 900.000, sehingga proses produksi DNBE setiap

harinya dapat mendatangkan income sebesar Rp 2.511.000.000.

##### 3. Analisis Finansial

Analisis kelayakan finansial digunakan untuk menganalisis kelayakan proses produksi DNBE dari segi keuangan. Analisis finansial dilakukan dengan

menggunakan kriteria investasi untuk mengetahui apakah proses produksi DNBE ini layak atau tidak untuk dijalankan dan dikembangkan. Kriteria kelayakan investasi yang digunakan antara lain Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Payback Period (PBP). Dalam melakukan analisis dengan 3 kriteria tersebut digunakan arus kas (cash flow) untuk mengetahui besarnya manfaat yang diterima dan biaya yang dikeluarkan selama periode tertentu. Rincian analisis finansial dapat dilihat pada Tabel 5

Berdasarkan analisis kelayakan finansial yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa proses produksi DNBE menggunakan bahan baku butanol dan campuran toluen yang ditambahkan katalis HPA menghasilkan nilai NPV yang lebih besar dari nol, yaitu Rp 15.041.241.361. Hal ini menunjukkan bahwa proses

produksi DNBE yang dilakukan akan memberi manfaat bersih sebesar Rp 15.041.241.361 selama jangka waktu 5 tahun dengan kapasitas produksi 2.790 liter/hari. Dengan demikian, berdasarkan kriteria NPV proses produksi DNBE ini layak untuk dilaksanakan.

Nilai IRR yang diperoleh dari hasil analisis finansial yaitu sebesar 18 % dimana IRR tersebut lebih besar dari bunga bank yang berlaku yaitu sebesar 0,1%. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi DNBE ini mampu memberikan hasil sebesar 18%. Maka berdasarkan kriteria IRR proses produksi DNBE ini layak untuk dilaksanakan dengan payback period yang diperoleh dari hasil perhitungan analisis finansial tepat selama 1 tahun. Nilai payback period ini sangat singkat dibandingkan umur proyek yang telah ditetapkan.

Tabel 7.4. Analisis finansial proses produksi DNBE

Tahun ke-	Cash Flow (Rp)	Bunga bank (%)	Present Value (Rp)
0	-74.535.050.000	0.1	-74.535.050.000
1	23.630.000.000	0.1	21.481.818.182
2	23.630.000.000	0.1	19.528.925.620
3	23.630.000.000	0.1	17.753.568.745
4	23.630.000.000	0.1	16.139.607.950
5	23.630.000.000	0.1	14.672.370.864
NPV (Rp)			15.041.241.361
IRR (%)			18
Payback Period (Tahun)			1

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dalam perancangan rekayasa proses untuk produksi Di-n Butyl Ether (DNBE) diketahui bahwa proses yang paling efisien adalah dengan menggunakan metode eterifikasi yang dicampurkan dengan toluen dan ditambahkan katalis heterepolyacid (HPA). Hal ini didasarkan pada analisis skala industri dari 8.000 L Butanol, 2.000 L Toluene, dan 100 Kg katalis HPA diperoleh DNBE sebesar 2.790 Liter/hari. Sehingga diketahui bahwa rendemen dari proses ini sebesar 25,4%.

Berdasarkan hasil analisa finansial diperoleh NPV sebesar Rp 15.041.241.361, dengan IRR sebesar 18 % dan PBP sebesar 1 tahun untuk umur proyek selama 5 tahun dan dapat dinyatakan industri DNBE ini layak untuk dijalankan.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2014. Struktur DNBE. <http://www.chemnet.com/cas/my/142-96-1/Butyl-ether.html>. diakses pada tanggal 20 Juni 2014. Pukul 15.00 WIB.



- Choi, JH, Kim JK, Park DR, Park S, Yi J, Song IK. 2011. Etherification of n-butanol to di-n butyl ether over  $H_3PMo_{12-x}W_xO_{40}$  ( $x=0,3,6,9,12$ ) Keggin and  $H_6P_2Mo_{18-x}W_xO_{62}$  ( $x=0,3,9,15,18$ ) Wells-Dawson heteropolyacid catalysts. *Catalysis Communications* 14 (2011): 48–51
- Park DS, Yun D, Choi Y, Kim TY, Oh S, Cho J, Yi J. 2013. Effect of 3D open-pores on the dehydration of n-butanol to di-n-butylether (DNBE) over a supported heteropolyacid catalyst. *Chemical Engineering Journal* 228: 889–895
- Pérez MA, Bringue R, Ibbora M, Tejero J, Cunill F. 2014. Ion exchange resins as catalysts for the liquid-phase dehydration of 1-butanol to di-n-butyl ether. *Applied Catalysis A: General* 482: 38–48